



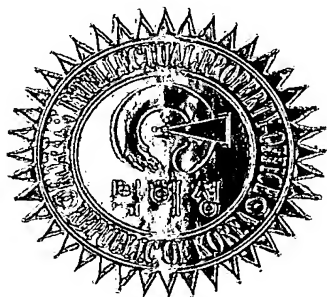
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2003-0069672  
Application Number

출원년월일 : 2003년 10월 07일  
Date of Application OCT 07, 2003

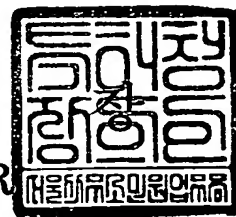
출원인 : 한국원자력연구소 외 1명  
Applicant(s) KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE, et al.



2003 년 12 월 26 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.10.07
【발명의 명칭】	경수로 원자로용 핵연료집합체의 지지격자체
【발명의 영문명칭】	Spacer Grid for Pressurized Water Reactor Fuel Assembly
【출원인】	
【명칭】	한국원자력연구소
【출원인코드】	3-1998-007760-9
【출원인】	
【명칭】	한국수력원자력 주식회사
【출원인코드】	1-2001-015087-2
【대리인】	
【성명】	이원희
【대리인코드】	9-1998-000385-9
【포괄위임등록번호】	2002-039963-1
【포괄위임등록번호】	2001-025055-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	윤경호
【성명의 영문표기】	Y00N,Kyung Ho
【주민등록번호】	631017-1006324
【우편번호】	302-121
【주소】	대전광역시 서구 둔산1동 1388 한마루아파트 6동 1101호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	강흥석
【성명의 영문표기】	KANG,Heung Seok
【주민등록번호】	611105-1025120
【우편번호】	305-340
【주소】	대전광역시 유성구 도룡동 타운하우스아파트 11-204호
【국적】	KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김형규  
**【성명의 영문표기】** KIM,Hyung Kyu  
**【주민등록번호】** 590407-1119749  
**【우편번호】** 305-755  
**【주소】** 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 103-1305호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 송기남  
**【성명의 영문표기】** SONG,Kee Nam  
**【주민등록번호】** 571111-1042039  
**【우편번호】** 305-333  
**【주소】** 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 129동 901호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 정연호  
**【성명의 영문표기】** JUNG,Yeon Ho  
**【주민등록번호】** 511028-1408412  
**【우편번호】** 305-755  
**【주소】** 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 118-1208호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 전태현  
**【성명의 영문표기】** CHUN,Tae Hyun  
**【주민등록번호】** 571219-1055418  
**【우편번호】** 305-340  
**【주소】** 대전광역시 유성구 도룡동 공동관리아파트 9-101호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 오동석  
**【성명의 영문표기】** OH,Dong Seok  
**【주민등록번호】** 610203-1721814

【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 401-1401호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	인왕기
【성명의 영문표기】	IN,Wang Kee
【주민등록번호】	610802-1036329
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 118-803
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이원희 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	13 면 13,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	6 항 301,000 원
【합계】	343,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 외부격자판의 중앙에 세로방향으로 연료봉과 등각으로 접촉하는 지지격자 스프링을 설치함으로써 연료봉의 프레팅 마멸을 줄이고, 외부격자판 상부에 교차류 흐름유도 베인과 안내 탭을 설치함으로써 교차류의 강도를 유지하여 지지격자의 열적여유도를 향상시킬 수 있도록 한 경수로 원자로용 핵연료집합체의 지지격자체에 관한 것이다.

본 발명의 지지격자체는 안내관이 통과하는 안내관 셀(15)과 연료봉이 통과하는 연료봉 셀(26)을 다수 형성하도록 격자 모양으로 교차 설치되어 있으며 교차 지점에 복수의 유동 혼합 날개(27)가 상향 돌출되어 있는 내부격자판(30)과, 상기 내부격자판(30)의 최외곽을 둘러싸도록 설치되어 있는 외부격자판(40,41)으로 구성된 원자로 핵연료집합체의 지지격자체(10)에 있어서, 상기 외부격자판(40,41)은 중앙에 세로방향 슬롯(53)이 관통되어 있으며, 상기 세로방향 슬롯(53)의 중앙 상하변에 부착되어 있는 세로 지지부(51)와 상기 세로 지지부(51)의 중간에 연결되어 횡단면이 바깥쪽으로 볼록하게 만곡되어 있는 중앙 굴곡부(52)로 이루어진 접촉스프링(50)을 구비하고 있는 것을 특징으로 한다. 또한 이 접촉스프링(50)의 상부에 내부격자판의 유동혼합 날개에 의해 발생된 교차류 강도(intensity)를 유지할 수 있는 흐름유도 베인(57)과 핵연료를 노심에 장전 혹은 인출 시 인접한 핵연료와의 간섭을 배제하기 위한 안내 탭(58)을 구비하는 것을 특징으로 한다.

따라서, 본 발명에 의하면 노심 내에 존재하는 과도한 교차류에도 최외곽 연료봉의 건전한 지지를 기할 수 있으며, 연료봉에 의해 수직변위가 발생하여도 연료봉과의 횡방향 변위를 최소화하여 상대적 미끄럼으로 인한 프레팅 마멸발생 가능성을 저감시킬 수 있으며, 내부격자

판에 의해 발생된 교차류의 강도를 유지함으로써 지지격자에 의한 열적여유도를 향상시킬 수 있게 된다.

**【대표도】**

도 4

**【색인어】**

경수로, 원자로, 핵연료집합체, 지지격자체, 외부격자판, 내부 격자판, 흐름유도 베인, 안내 탭

**【명세서】****【발명의 명칭】**

경수로 원자로용 핵연료집합체의 지지격자체{Spacer Grid for Pressurized Water Reactor Fuel Assembly}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 명확한 설명을 위하여 부분 절단된 종래 기술에 따른 핵연료집합체의 개략 사시도.

도 2a는 종래 기술에 따른 지지격자체 내부격자판의 개략 입면도.

도 2b는 종래 기술에 따른 지지격자체 외부격자판의 개략 입면도.

도 3a는 내부 셀용 스프링이 부착된 종래 기술에 따른 또 다른 형태의 내부격자판 입면도.

도 3b는 도 3a의 사시도.

도 4는 본 발명에 따른 외부격자판을 구비한 지지격자체의 개략 사시도.

도 5a는 도 4의 개략 평면도.

도 5b는 도 5a의 개략 입면도.

도 6은 면접촉 및 탄성 영역을 확장하기 위한 스프링을 구비한 종래기술에 따른 또 다른 형태의 내부격자판 단위셀의 내측면을 도시한 사시도.

도 7a는 스프링을 구비한 본 발명에 따른 외부격자판의 단위셀 안쪽을 도시한 사시도.

도 7b는 스프링을 구비한 본 발명에 따른 외부격자판의 모서리 단위셀 바깥쪽을 도시한 사시도.

도 8은 도 4에 도시된 지지격자체의 외부 셀용 스프링이 부착된 외부격자판의 사시도.

도 9는 도 4에 도시된 내부 및 외부 셀용 스프링의 유한요소 해석을 통한 하중 대 변위 특성곡선을 나타낸 그래프.

도 10은 본 발명에 따른 지지격자체에서의 인접 수로와 관련한 냉각수의 흐름 가상도.

도 11은 본 발명에 따른 지지격자체의 두 배의 수력직경 위치에 해당하는 네 개의 부수로에서의 냉각수 유동해석(강도) 결과를 나타낸 도면.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

10,110 : 지지격자체    13 : 안내관

14 : 계측관        20,50,120 : 지지격자 스프링

21,51 : 세로 지지부    22,52 : 중앙 굴곡부

27,57 : 흐름유도 베인    30,115,215 : 내부격자판

40,41,115,116 : 외부격자판    53 : 세로방향 슬롯

58 : 안내탭



## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<23> 본 발명은 경수로 원자로용 핵연료집합체의 지지격자체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 외부격자판의 중앙에 세로방향으로 연료봉과 등각을 접촉하는 지지격자 스프링을 설치함으로써 연료봉의 프레팅 마멸을 줄이고, 외부격자판 상부에 교차류 흐름유도 베인과 안내 탭을 설치함으로써 교차류의 강도를 유지하여 지지격자의 열적여유도를 향상시킬 수 있도록 한 핵연료 집합체의 지지격자체에 관한 것이다.

<24> 지지격자체는 원자로 연료집합체의 구성부품중 하나로 자체의 각 격자에 있는 스프링 및 덤플이 연료봉을 정해진 위치에 배열되도록 지지하는 기능을 갖고 있다. 따라서, 도 1에 도시된 바와 같이 종래의 핵연료집합체는 상단고정체(111)와 하단고정체 사이를 다수의 안내관(113)으로 전체적인 골격을 형성하게 되며, 여기에 연료봉(125)들을 지지하는 지지격자체(110)들을 안내관(113)의 길이방향으로 일정한 간격을 두고 안내관에 용접함으로써 핵연료집합체를 형성하게 된다.

<25> 여기에서, 지지격자체(110)를 구성하는 지르칼로이 합금 재료의 내부 및 외부 격자판(115,116)은 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 연료봉을 지지하기 위한 스프링(150)은 있으나 냉각수의 흐름을 유도하기 위한 베인이 없으며 또한 인접 핵연료와의 간섭을 방지할 수 있는 안내 탭도 없는 것을 알 수 있다.

<26> 또한, 스프링(120,150) 및 덤플(170)의 스프링 힘이 너무 작을 경우 연료봉을 정해진 위치에 움직이지 않는 상태로 배열할 수 없어 연료봉(125)의 지지건전성을 상실할 가능성이 있으

며, 너무 클 경우는 연료봉(125)을 지지격자체(110)로 삽입할 때 과도한 마찰 저항력으로 인하여 연료봉(125)의 표면에 긁힘과 같은 흠이 발생할 수 있고, 원자로 운전 중 중성자 조사에 의한 연료봉(125)의 길이방향 성장을 적절히 수용할 수 없어서 연료봉을 휘게 하는 연료봉 휨 현상을 유발시킬 수 있다. 연료봉은 휘게 되면 인접한 연료봉들과 근접하거나 접촉하게 되어 연료봉 사이의 냉각수 유로(channel)를 좁게 하거나 차단하게 되고 이것은 연료에서 발생한 열을 효과적으로 냉각수로 전달하지 못하는 원인이 되기 때문에 국부적으로 연료봉 온도가 높아지는 현상을 초래하게 되고 이로 인한 핵비등 이탈(DNB)의 발생가능성을 높여서 핵연료의 출력을 감소시키는 주원인이 된다.

<27> 근래 핵연료의 개발은 고연소도 및 무결함을 달성할 수 있는 방향으로 추진되고 있다. 특히 고연소도 핵연료를 개발하기 위해서는 핵연료봉으로부터 냉각수로의 열전달을 촉진시킴으로써, 즉 핵연료의 열적 성능을 제고함으로써 열적 성능을 향상시켜야 하는데, 이를 위해 주로 고려하는 것이 핵연료봉 주변을 흐르는 원자로 냉각수의 흐름을 개선하는 방법이다. 이를 위하여 지지격자체의 형상변경이 이루어지고 있는데, 예로서 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이 내부격자판(215)의 상부에 냉각수의 흐름을 혼합하고 인접 수로와의 교차류를 발생시키기 위한 혼합날개(227)를 부착할 수 있다. 혼합날개(227)들은 냉각수를 혼합하고 교차류를 발생시키기 위하여 지지격자 중앙을 중심으로 사방의 인접한 지지격자와의 냉각수 흐름패턴을 유지하기 위해 그 날개의 각도가 서로 엇갈리게 존재하며 그 날개의 크기나 각도가 최적화되어 있다.

<28> 그러나, 혼합날개(227)를 이용하는 위와 같은 열적 성능의 제고를 위한 개념은 핵연료봉 주변 냉각수의 흐름을 더욱 큰 난류 흐름이 되도록 하는 것을 토대로 하고 있는 것이 대부분이며, 이는 핵연료봉 주변의 냉각수 흐름의 난류화를 야기하여 핵연료봉이 진동하도록 하는 주원인이 된다. 즉, 핵연료봉의 유체유발 진동의 주원인이 된다. 또한, 핵연료봉의 유체유발 진동

은 핵연료봉이 지지격자 스프링 또는 덤플과의 접촉면에서 서로 상대운동(미끄러짐)을 하게 하는 요인이 되고 이로 인해 연료봉의 접촉면에 국부적인 마모가 발생하여 핵연료봉이 점진적으로 손상되는 "핵연료봉 프레팅 손상"을 일으키게 한다. 따라서 고연소도 핵연료 개발을 위해 열적 성능을 제고하는 방법이 다른 한편으로는 핵연료봉의 손상을 촉진시키는 결과를 가져올 수 있는 문제점이 있다.

<29> 다시 말하면, 첫째 연료봉이 연료의 수명 말까지 지지건전성을 유지하기 위해서는 연료의 수명기간 동안 충분한 스프링 힘으로 연료봉을 지지할 수 있어야 하며, 또한 스프링의 탄성 거동 영역을 확장함으로써 노내에서 변화하는 연료봉 지지조건 하에서도 연료의 수명 말까지 요구되는 스프링 힘 이상을 유지해야 한다. 그런데 원자로 운전 중 지지격자 스프링과 덤플들은 중성자 조사에 의해 연료봉에 작용시킨 초기 스프링 힘을 손실하는 방향으로 변화가 진행되며, 이로 인해 연료봉과 이들 지지부 간에 간격이 발생될 수 있으며, 간격 발생 시 냉각수 유동으로 인한 하중이 임의의 방향으로 연료봉에 작용하기 때문에 연료봉의 지지 건전성을 상실시킬 수 있는 문제점이 있다.

<30> 둘째로, 연료봉의 프레팅 마모손상 가능성과 관련하여서는 프레팅 마모발생 원인을 감소시키도록 노력해야 하는 바, 프레팅 마모발생 원인을 살펴보면 원자로 운전 중 중성자 조사에 의한 스프링 힘의 이완, 연료봉과 지지격자체간의 열팽창 차이, 피복관의 크립에 의한 연료봉 직경의 감소 등을 들 수 있는데, 이에 의해 연료봉과 지지격자체의 지지부들 간에 간격이 발생될 수 있으며, 이러한 간격은 냉각수의 축방향 및 횡방향 유동에 의해 연료봉이 이들 지지부들과 접촉 및 분리를 반복하도록 함으로써 프레팅 마모 발생 가능성을 높이게 되는 문제점이 있다.

<31> 셋째로, 외부격자판으로 이루어지는 최외곽 셀은 인접한 핵연료봉과 이루는 유로 또는 원자로 내부구조물과의 사이에서 발생하는 교차류로 인한 수력적 외부하중을 견뎌야 하므로 내부격자판으로만 구성된 내부 셀보다 큰 최대하중에 견딜 수 있어야 하고, 핵연료봉의 취급 시 부주의로 인한 과도한 하중이 작용하게 되어도 이에 충분히 저항할 수 있는 거동을 가져야 하므로 높은 내구성이 요구되는 문제점이 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<32> 본 발명은 위와 같은 종래의 지지격자체가 가지고 있는 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 종래 기술의 지지격자체와는 달리 연료봉과 접촉하는 지지격자 스프링의 최외곽 셀들을 등각의 면접촉 형상을 이루게 함과 동시에 지지격자 하부로부터 유입되어 통과하면서 발생하게 되는 교차류 흐름을 강화할 수 있는 흐름유도 베인과 이들 교차류 유동을 저해하지 않는 안내 탭을 갖도록 함으로써, 지지격자의 최외곽 셀들에도 프레팅마멸로 인한 손상발생 가능성을 저감시키고, 냉각수 유동으로 인한 열적여유도를 증가시키고자 하는 데 그 목적이 있다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<33> 종래의 지지격자체는 연료봉과 접촉하여 이루는 접촉형상이 비등각의 점 혹은 선접촉을 이루게 되므로 이들 지지격자 스프링 혹은 덤플들과 연료봉 간의 상대적 미끄럼에 의한 프레팅마멸 손상의 발생 가능성이 노심 내에 존재하게 된다. 따라서 이들 지지격자 스프링 혹은 덤플들과 연료봉 간의 접촉을 등각의 면접촉을 이루게 하는 것이 필요하게 된다. 그러나 지지격자 최외곽 셀 중에서도 외부격자판의 끝단들이 서로 접하게 되는 모서리 부에서는 이러한 접촉형

상을 갖도록 스프링 형상을 구성하는 것이 기하학적인 제한으로 인해 어렵게 된다. 그래서 본 발명에서는 이 최외곽에 존재하게 되는 지지격자 스프링의 형상을 전체적으로 외부하중을 지지하는 부분은 단순보 형상을 갖도록 하고 중앙에 연료봉과 접촉하는 부분은 등각의 면접촉을 하도록 구성하였다.

<34> 또한 외부격자판의 상부에 존재하여 냉각수의 흐름을 냉각효율을 제고할 수 있도록 하기 위한 베인의 배열이 전체 셀에서 동일한 형상으로 존재하게 되면 베인들에 의해 발생한 교차류 흐름을 저해할 수 있는 셀들이 존재하게 된다. 이러한 현상은 핵연료집합체 간 교차류를 발생시켜 열적여유도를 제고하기 위한 설계목적에 부합하지 않게 된다. 따라서 냉각수의 흐름을 인접한 핵연료봉으로 유도하여야 하는 셀의 베인은 이러한 냉각수 유동을 원활히 할 수 있도록 흐름유도 베인을 형성시키고, 그렇지 않은 셀들에는 안내 탭만이 존재하게 하여 노심으로부터의 장전 혹은 노심으로부터의 인출 시 인접한 핵연료봉과의 간섭을 방지할 수 있도록 안내 탭만을 형성시킨다.

<35> 이제, 도 4 내지 도 11을 참조로 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하면 다음과 같다.

<36> 본 발명의 지지격자체는 전체적으로 도 1에 도시된 핵연료집합체에 적용되며, 도 4 내지 도 7a, 7b에 도면번호 10으로 도시된 바와 같이 면접촉과 스프링의 최대 지지하중 및 연료봉지지 건전성이 제고된 지지격자 스프링(20) 및 냉각수 유도 베인(57)과 안내 탭(58)이 부착된 외부격자판(40,41)으로 이루어져 있다.

<37> 여기에서, 지지격자체(10)에는 안내관(13)을 구성하기 위한 안내관 셀(15)과 도 1의 연료봉(125)을 지지하기 위한 연료봉 셀(26)이 있다. 이 때 연료봉은 내부/외부셀 공히 지지격자 스프링(20,50)과 덤플(29)에 의해 지지되는 형태를 갖고 있다. 도 5a, 5b에 나타낸 바와 같이 지지격자체(10)에는 네 개의 안내관(13)과 중앙에 하나의 계측관(14)을 삽입하기 위한 관이 용

접된 구조로 일체를 이루고 있다. 따라서 도 5a, 5b에 도시된 형태의 지지격자에서 냉각수의 예상 흐름경로(51)를 보면 중앙을 중심으로 인접한 지지격자와 이루는 수로 및 인접한 지지격자와 교차 유동되는 교차류를 발생시키는 유동 패턴을 갖도록 내부셀들의 혼합날개의 크기 및 각도와 외부셀들의 유동혼합 베인들이 이러한 교차류의 흐름을 방해하지 않고 원활한 교차류를 발생할 수 있도록 하나의 셀을 건너 흐름유도 베인(57)과 안내 탭(58)이 번갈아 형성되어 있는데, 이와 같이 베인(57)과 탭(58)을 번갈아 위치시키는 이유는 도 11에 벡터 형태로 표현되어 있는 것처럼, 부수로(subchannel) 즉, 네 개의 연료봉(125)으로 이루어지는 냉각수 유로 내의 유동패턴이 외부격자판 영역에서는 지지격자 내부를 향하는 유동방향과 인접한 지지격자를 향하는 유동방향이 한 셀을 건너 교대로 나타나는 형태를 보여주고 있으므로 부수로에서의 유동 성분이 인접한 지지격자를 향하는, 즉 지지격자 밖을 향하는 셀에서는 이러한 유동상태를 저해하지 않도록 날개의 크기가 작은 안내 탭(58)을 형성하여야 하며, 부수로에서의 유동이 지지격자 내부를 향하는 셀에서는 지지격자 하부(냉각수의 상류)로부터 유입된 냉각수의 유동형태를 지지격자의 중심을 향하는 유동이 되도록 외부격자판의 상부에 안내 탭에 비해 크기가 큰 흐름 유도 베인(57)을 형성시켜야 하기 때문이다. 또한, 유도 베인(57)은 굽힘이 시작된 지점으로부터 새부리 모양으로 폭이 좁아지고 끝이 둥글게 되어 있으며, 마찬가지로 안내 탭(58)도 지지격자체(10) 중심을 향해 안쪽으로 굽어져 있으며, 굽어진 부분이 부채꼴로 둥글게 되어 있다.

<38> 도 6은 종래의 내부 셀 스프링의 형상을 상세히 나타내주고 있는데 모재의 기준면으로부터 시작된 세로 지지부(21)는 스프링이 중앙을 향하여 굽힘 가공되어 있으며, 이 세로 지지부(21)는 중앙을 향하여 벌어지는 형상 및 모아지는 형상이 모두 가능하며, 이 세로 지지부(21)에는 하중을 받을 경우 굽힘만이 작용하게 된다. 이 세로 지지부(21)는 연료봉의 제 기능인 탄성 지지거동을 감당하고 있으며, 세로 지지부(21) 중앙의 굴곡부(22)는 연료봉과의 면접촉이

가능하도록 횡단면 형상이 연료봉과 동일한 곡률 반경으로 만족되어 있다. 즉, 연료봉과 직접 접촉하는 중앙 굴곡부(22)의 접촉면을 원형 또는 아치 형상으로 최적화함으로써 중앙 굴곡부(22)와 연료봉과의 접촉 압력이 사각형상을 가진 굴곡부에 비해 훨씬 더 균일하게 분포되도록 한다. 이 이중적 단순보 형상을 갖는 지지격자 스프링(20)은 연료봉에 의해 변위가 작용하게 되면 중앙 굴곡부(22)에 변형이 발생하기 이전에 스프링 기저부(25)가 변형을 시작하게 하여 중앙 굴곡부(22)에 발생할 수 있는 변형을 최소화하도록 한다.

<39> 도 7a 및 7b는 이러한 개념의 지지격자 스프링을 외부격자판(40,41)에도 적용하기 위해 내부 셀에 존재하는 이중적 단순보 형상의 세로 지지부(51)를 단순보 형상의 접촉 스프링(50)으로 개조하여 하나의 셀 폭이 협소할 수밖에 없는 외부 모서리 셀에서도 연료봉이 지지격자체(10)와 등각 면접촉을 이룰 수 있게 해준다. 이를 위해 외부격자판(40,41)의 중앙에는 세로방향 슬롯(53)이 관통되며, 이 슬롯(53)의 중앙 상하변에 이단으로 굽힘 가공된 세로 지지부(51)가 연결되고, 세로 지지부(51) 중간에 횡단면이 바깥쪽으로 볼록하게 만족되어 연료봉과의 접촉압력을 균일하게 분포되도록 해주는 중앙 굴곡부(52)가 형성되어 하나의 접촉스프링(50)을 구성한다. 이 때, 등각접촉이라 함은 연료봉과 지지격자 스프링(50)의 접촉면 즉, 중앙굴곡부(52)가 동일한 방향으로 만족되어 있는 상태 즉, 곡률중심이 동일한 방향에 위치하는 접촉을 말하며, 그 반대로 양 접촉면의 곡률중심이 대향하는 위치에 있는 접촉이 비등각 접촉이다.

<40> 또한 지지격자 외부셀은 인접한 수로나 원자로 내부구조물에 의해 발생하는 교차류를 최우선 감당하여야 하므로 내부 셀에 존재하는 지지격자 스프링보다는 최대 하중 및 스프링 강성이 크도록 설계하여야 한다. 따라서 세로 지지부(51)의 강성을 최적화하여 스프링(50)이 가질 수 있는 최대 하중을 제고함과 동시에 스프링 강성도 제고하여 교차류로 인해 과도한 외부하중이 작용하여도 건전한 연료봉의 지

지가 가능하게 된다. 또한 중앙 굴곡부(52)는 내부격자판에 사용된 스프링과 동일한 개념을 적용하여 도 1에 125로 지시된 연료봉과 등각의 면접촉을 이루게 된다.

<41> 도 8에 개략적으로 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 외부격자판(40,41)에는 등각 면접촉 스프링(50)과 외부격자판(40,41)의 상부에 냉각수 흐름의 유도를 위한 흐름유도 베인(57) 및 핵연료봉의 장전, 인출 시 인접한 연료봉과의 간섭을 배제하기 위한 안내 탭(58)이 부착되어 있다. 이중 냉각수 흐름유도 베인(57)은 내부격자판(30)에 존재하는 유동 혼합날개(27)로 인해 발생하게 되는 교차류 흐름을 방해하지 않고 인접한 수로로 냉각수의 흐름을 유도할 수 있는 냉각수 유도날개로서, 연료봉과의 장전 및 인출을 유도하기 위한 안내 탭(58)과 번갈아가며 존재하는 것을 알 수 있다. 또한 안내 탭(58)은 핵연료봉 장전 및 인출 시 연료봉을 안내함과 동시에 인접 핵연료와의 간섭을 방지하여야 하므로 격자판(40,41)의 상부와 하부에 모두 형성되도록 한다.

<42> 따라서, 위와 같이 구성된 본 발명에 따른 지지격자체는 도 9에 도시된 유한요소 해석으로부터 얻은 지지격자 스프링들의 특성해석 그래프에서 알 수 있듯이 내부에 존재하는 지지격자 스프링(20)보다는 외부에 존재하는 스프링(50)의 최대하중이나 강성이 더 크다는 것을 알 수 있다.

<43> 이 그래프로부터 외부격자판의 접촉 스프링(50)은 그 최대하중이 내부 스프링(20)보다 클 뿐만 아니라 최대하중을 나타낸 이후에 내부 스프링(20)은 그 최대하중이 감소하지만 외부격자판의 접촉 스프링(50)은 변위가 증가함에도 최대하중을 계속 유지하는 특성을 갖고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 특성은 접촉 스프링(50)에 요구되는 연료봉지지 건전성을 위해서 바람직한 것이다.



<44> 도 10에는 네 개의 지지격자체가 구성하는 수로에서 냉각수의 교차류를 생성하는 가상 유동흐름(52)이 도시되어 있는데, 이 도면에서 지지격자체(10)에 적용한 냉각수의 혼합을 위한 유동혼합 날개(27)는 단위 지지격자체(10)의 중앙을 기준으로 1/4 영역씩 교차류를 발생하도록 형성된다. 따라서 이러한 교차류는 인접한 연료봉 냉각수의 흐름을 유지하기 위해 외부격자판(40,41)에서 냉각수 흐름을 방해하지 않아야 하므로, 외부격자판에 냉각수 흐름을 유도하기 위한 유도베인과 안내 탭을 번갈아 가며 배열되도록 형성함으로써 전체적으로 네 개의 연료봉으로 구성되는 수로에서 교차류의 강도를 그대로 유지할 수 있는 냉각수 유동을 발생시킬 수 있다.

<45> 도 11에는 도 10에서 가상한 냉각수의 흐름이 타당한지를 검증하기 위해 네 개의 부수로의 두 배의 수력직경에 해당하는 위치에서 내부격자판(30) 상부에 부착된 유동혼합 베인에 의한 냉각수의 유동경로를 해석한 결과가 도시되어 있는데, 이와 같이 유동경로를 분석하는 이유는 지지격자의 열수력적 성능을 제고하기 위한 것이다. 즉, 유동혼합 날개에 의해 발생된 냉각수의 유동혼합 특성은 냉각수가 흐름에 따라 그 세기(magnitude)가 약해지게 되어 있고, 따라서 어떤 유동혼합 날개는 지지격자의 하류(즉, 지지격자의 바로 위)에서는 유동혼합 성능이 우수하나 그 세기를 빨리 잃어버리게(magnitude decay)되어 결국에는 유동혼합 날개를 부착한 목적을 충분히 만족하지 못하는 결과를 초래하므로 가급적 이러한 유동혼합 날개를 통해 발생한 냉각수 유동혼합 세기를 오랫동안 유지하는 것이 바람직한데, 이와 같이 유동혼합 특성이 오래 유지되는 것을 명확하게 보이기 위해 두 배, 다섯 배, 혹은 열 배의 수력직경 위치에서의 유동성분을 벡터형태로 혹은 수치적으로 표현하고 있다.

<46> 이를 살펴보면 내부에서 발생한 교차류 벡터들이 외부격자판(40,41)을 향해 나가는 셀에서 외부격자판(40,41)에는 안내 탭(58)만을 존재하도록 함으로써 이러한 교차류의 흐름을 방해

하지 않아야 하며, 바로 인접한 셀에서와 같이 교차류 벡터가 내부로 향하는 위치에서는 내부로 교차류 흐름을 유도할 수 있는 흐름유도 베인(57)을 부착하여 흐름유도 베인(57)과 안내 탭(58)을 번갈아 형성되도록 함으로써 교차류 발생강도(intensity)를 제고할 수 있게 된다.

### 【발명의 효과】

- <47> 이상 설명한 바와 같이, 종래 기술의 지지격자에서는 연료봉이 스프링과 접촉하여 스프링에 변위를 발생시키게 될 때 연료봉과 지지격자 스프링간의 접촉이 비등각 접촉형상을 가지게 되어 프레팅 마멸에 의한 손상발생 가능성이 크게 나타났다. 이에 따라 지지격자 스프링과 연료봉 사이의 접촉이 비등각 접촉형상을 갖도록 설계된 스프링이 개발된 바 있으나 이를 외부격자판에 적용하기에는 기하학적인 곤란이 발생한다.
- <48> 그러나, 본 발명에 의하면 연료봉과 등각 면접촉하는 지지격자 스프링을 단순보 형태로 제작할 수 있게 되므로 연료봉과 지지격자 스프링 간의 접촉을 등각의 면접촉 상태로 유지할 수 있게 됨은 물론, 폭이 좁은 외부격자판 모서리의 기하학적 형상에도 불구하고 이를 구현할 수 있게 된다. 이러한 면접촉 형상의 지지격자 스프링은 연료봉과의 접촉에도 초기의 면접촉 형상을 유지할 수 있어 연료봉과 지지격자 스프링간의 상대적 미끄럼 발생 가능성을 저감시켜 결국에는 프레팅 마멸발생 가능성을 저감할 수 있게 된다.
- <49> 또한 이 외부격자판의 상부에는 냉각수의 흐름을 유도하기 위한 흐름유도 베인과 안내 탭을 서로 교대하도록 배열하여 지지격자 베인에 의해 발생하게 되는 인접 수로간의 교차류 흐름을 방해하지 않도록 한다. 이러한 흐름유도 베인과 안내 탭은 내부격자판에 존재하는 유동혼합 날개에 의해 발생하는 교차류의 강도를 인접한 핵연료봉에서도 유지시켜 줄 수 있어 지지격

자의 열적여유도를 향상시켜 준다. 즉, 교차류의 세기가 커지면 각 핵연료봉은 인접한 핵연료와 보다 균일한 냉각수 온도분포를 얻을 수 있게 되므로 냉각수의 온도가 국부적으로 높아지는 것을 방지할 수 있게 되고, 따라서 냉각수의 온도가 구배(gradient) 없이 균일한 상태를 유지하게 되면 원자로의 출력을 더 높일 수 있게 되는 것이다.

<50>        본 발명은 또한 유체를 수송하는 배관계통과 그 지지 구조물, 보일러 또는 열교환기를 사용하는 일반 산업기기에서 가늘고 긴 봉 또는 관들과 이를 지지하기 위한 지지부들간의 마모, 피로에 의한 파괴를 억제하기 위한 목적에 적용될 수 있을 것이다.

<51>        본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부 특허 청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

안내관이 통과하는 안내관 셀(15)과 연료봉이 통과하는 연료봉 셀(26)을 다수 형성하도록 격자 모양으로 교차 설치되어 있으며 교차 지점에 복수의 유동 혼합날개(27)가 상향 돌출되어 있는 내부격자판(30)과, 상기 내부격자판(30)의 최외곽을 둘러싸도록 설치되어 있는 외부격자판(40,41)으로 구성된 원자로 핵연료집합체의 지지격자체(10)에 있어서,

상기 외부격자판(40,41)은 중앙에 세로방향 슬롯(53)이 관통되어 있으며, 상기 세로방향 슬롯(53)의 상하변에 부착되어 있는 세로 지지부(51)와 상기 세로 지지부(51)의 중간에 연결되어 횡단면이 바깥쪽으로 볼록하게 만곡되어 있는 중앙 굴곡부(52)로 이루어진 접촉스프링(50)을 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

## 【청구항 2】

제1 항에 있어서,

상기 접촉 스프링(50)은 세로 지지부(51)가 이단으로 굽힘 가공되어 있으며, 중앙 굴곡부(52)가 연료봉과의 접촉압력이 균일하게 분포되도록 연료봉과 등각으로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

## 【청구항 3】

제1 항에 있어서,

상기 내부격자판(30)의 최외곽을 둘러싸도록 설치되어 있는 외부격자판(40)은 상부에 냉각수 흐름유도 베인(57)과 안내 탭(58)이 번갈아 돌출 형성되어 있으며, 상기 모서리 셀용 외부격자판 단일 셀(41)은 인접한 상기 외부격자판(40)과 호응하도록 상부에 상기 흐름유도

베인(57) 또는 안내 탭(58) 중 어느 하나가 선택적으로 돌출 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

【청구항 4】

제3 항에 있어서,

상기 내부격자판(30)의 최외곽을 둘러싸도록 설치되어 있는 외부격자판(40)은 하부에 좌우 한 쌍의 안내 탭(58)이 돌출 형성되어 있으며, 상기 모서리 셀용 외부격자판 단일 셀(41)은 하부에 하나의 안내 탭(58)이 돌출 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

【청구항 5】

제3 항에 있어서,

상기 흐름유도 베인(57)은 지지격자체 중심을 향해 안쪽으로 굽어져 있으며, 굽힘이 시작된 지점으로부터 새부리 모양으로 폭이 좁아지고 끝이 둥글게 되어 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

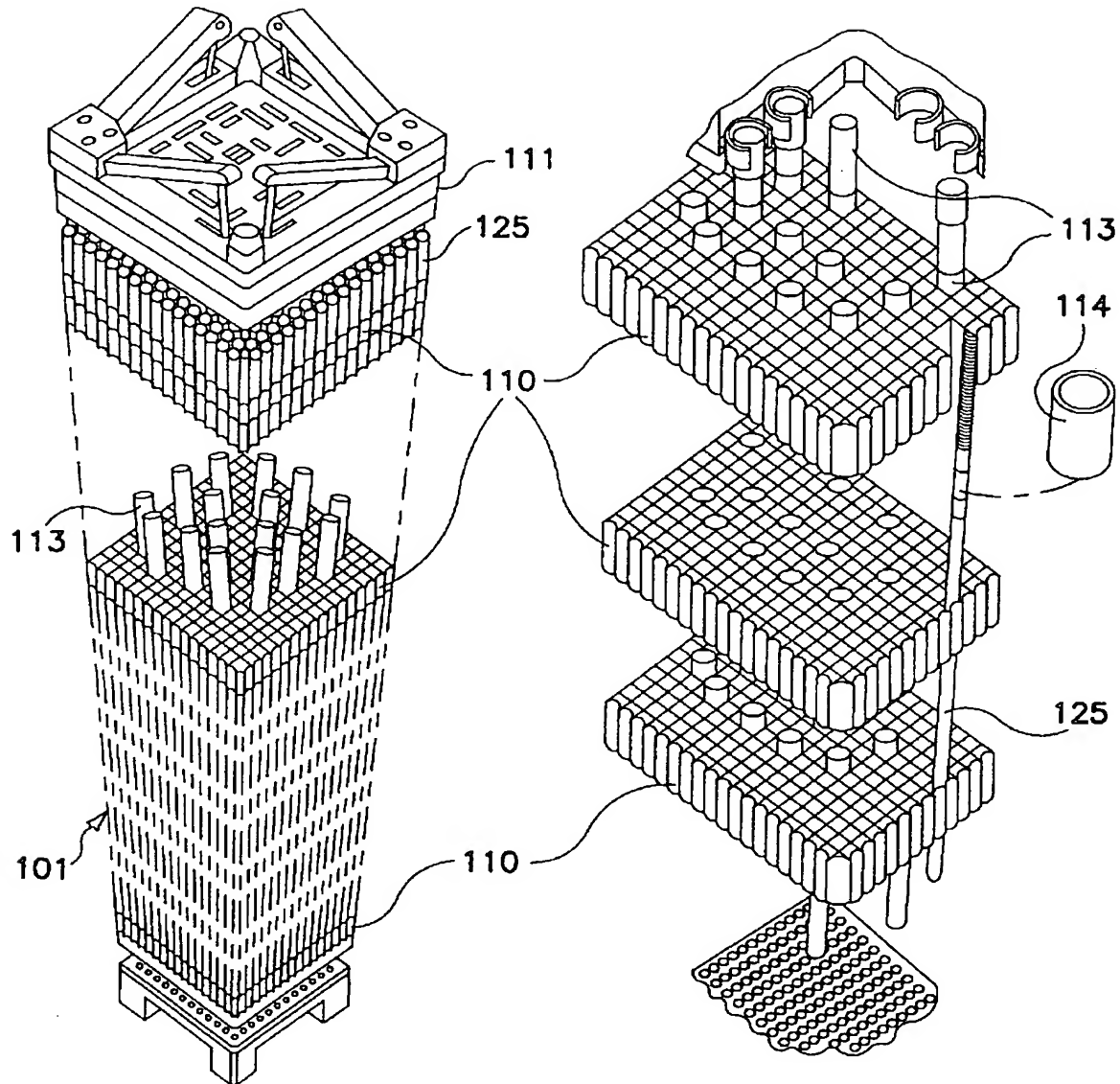
【청구항 6】

제3 항에 있어서,

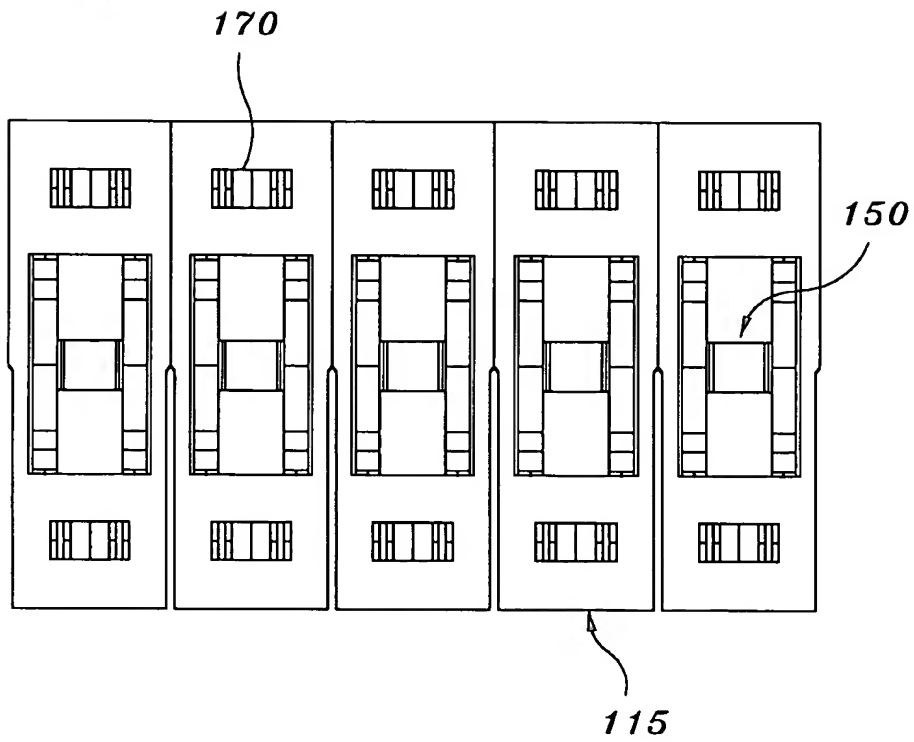
상기 안내 탭(58)은 지지격자체 중심을 향해 안쪽으로 굽어져 있으며, 굽어진 부분이 부채꼴로 둥글게 되어 있는 것을 특징으로 하는 지지격자체.

【도면】

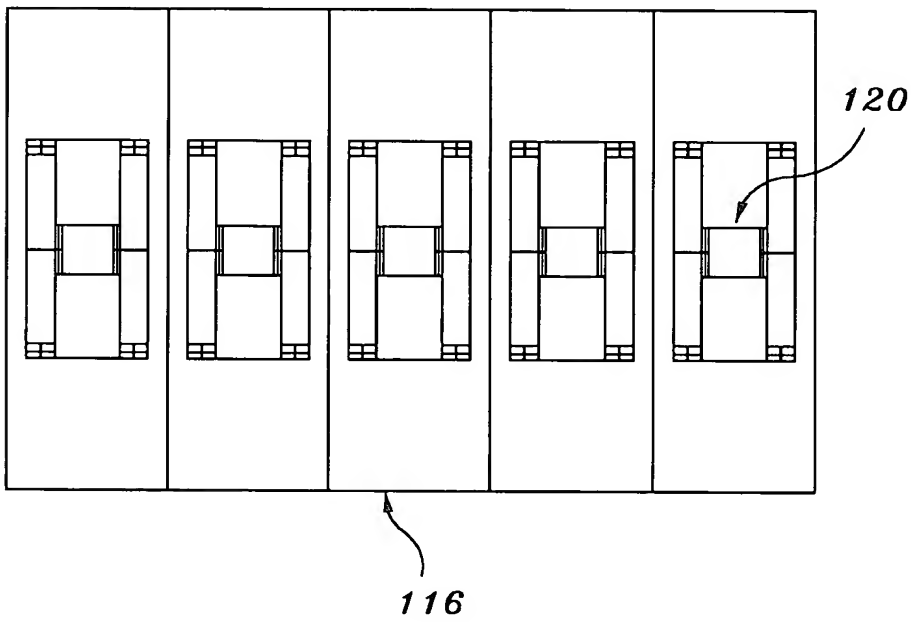
【도 1】



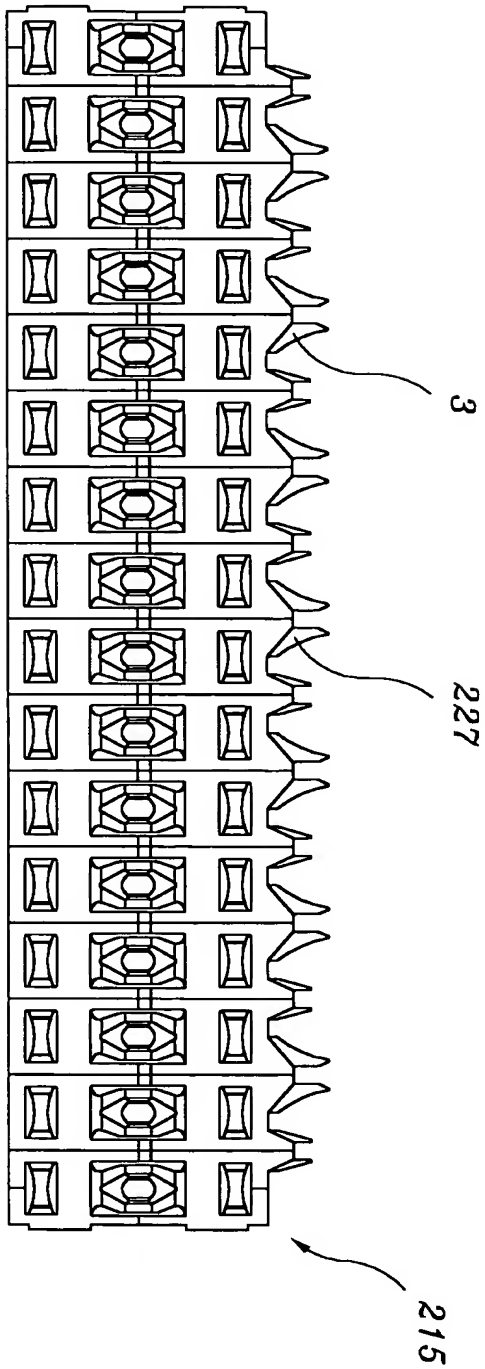
【도 2a】



【도 2b】

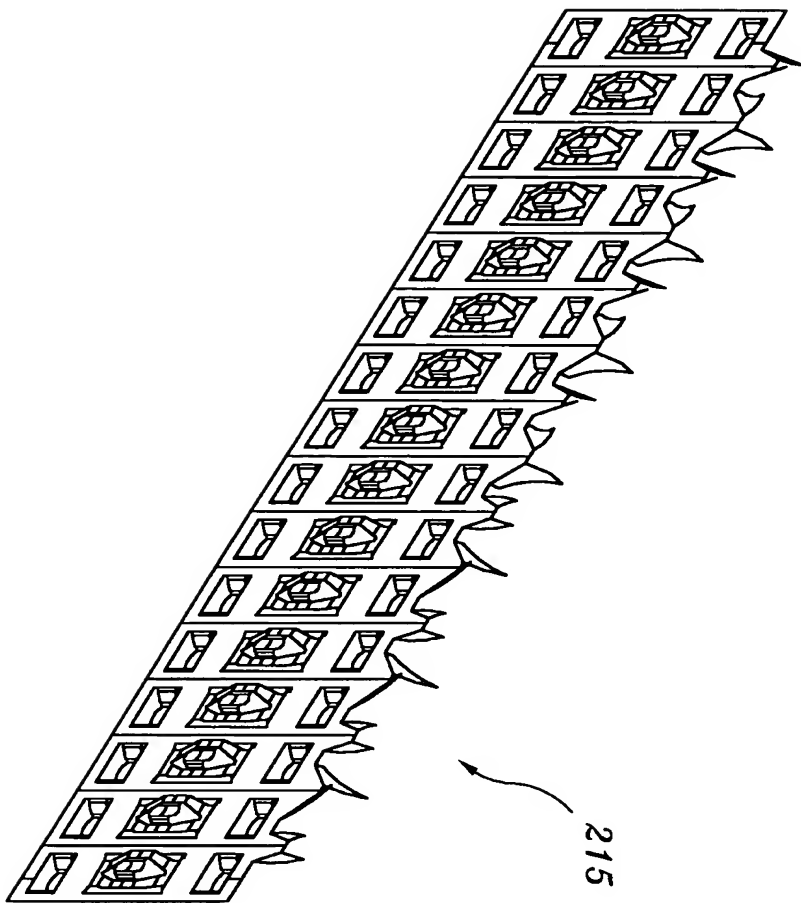


【도 3a】

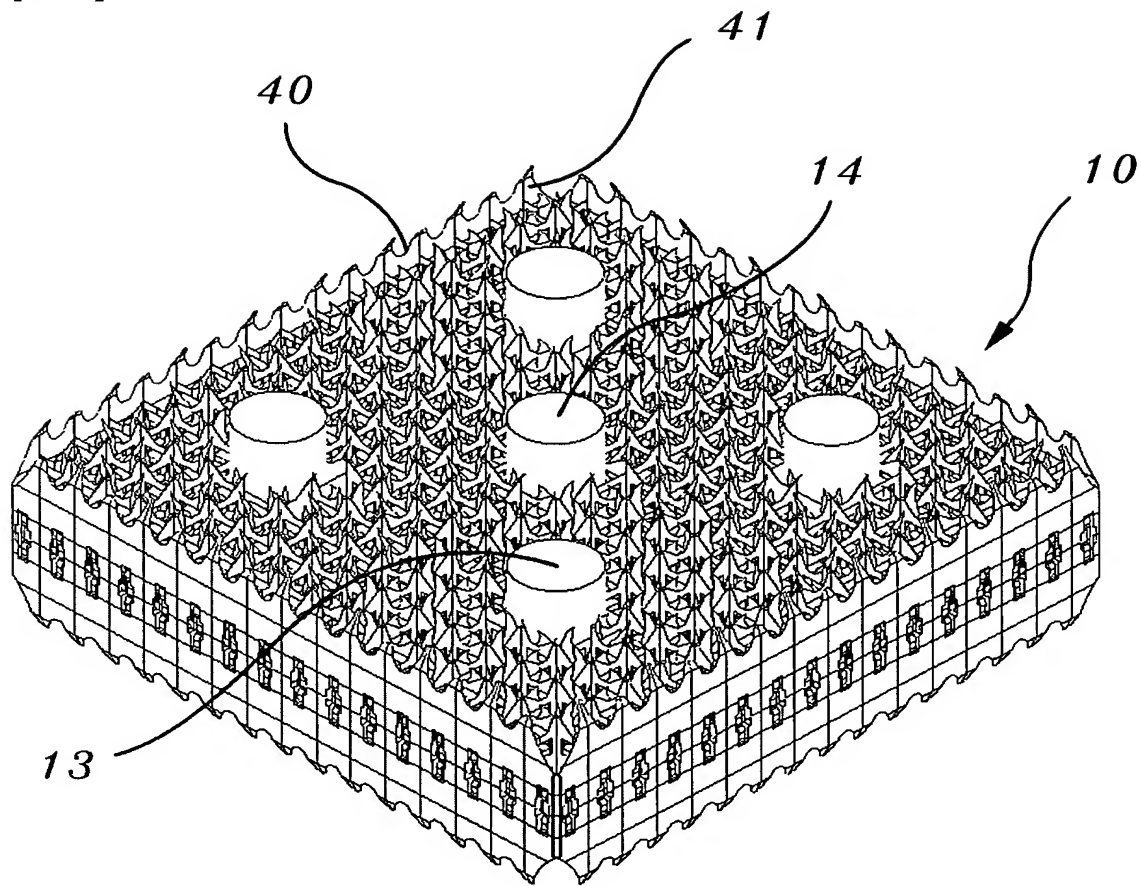




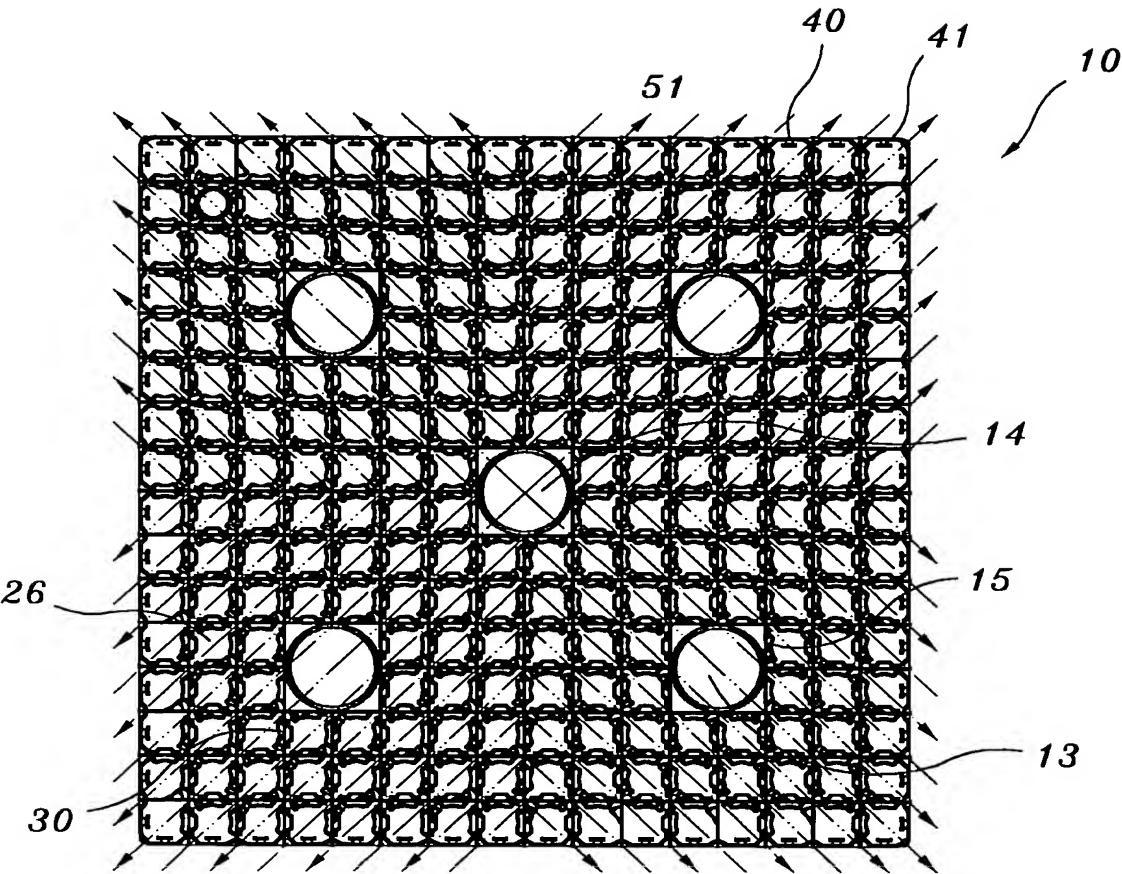
【도 3b】



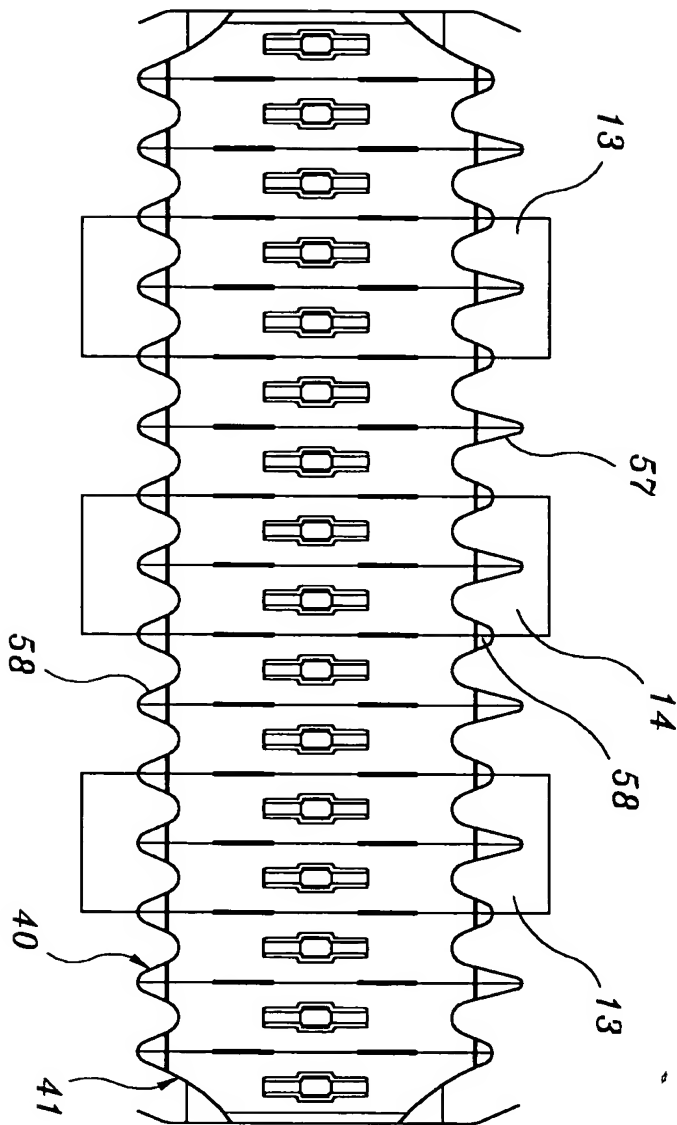
【도 4】



【도 5a】



【도 5b】

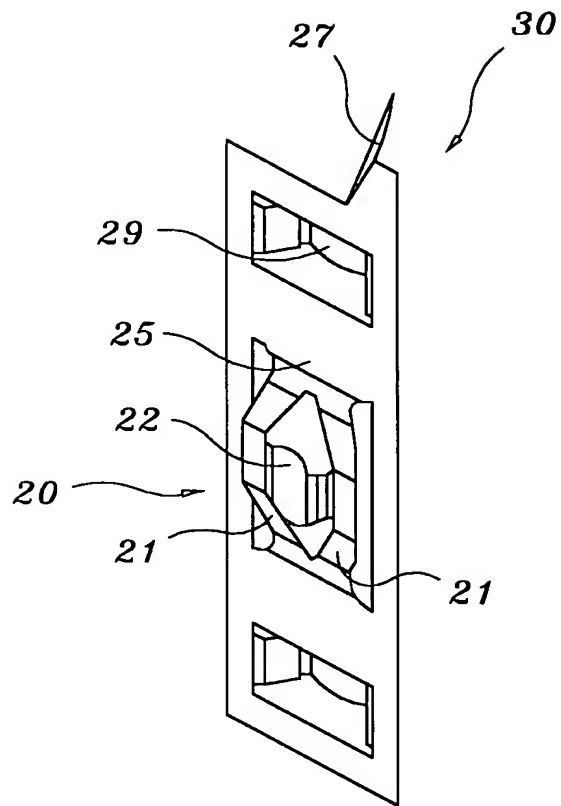




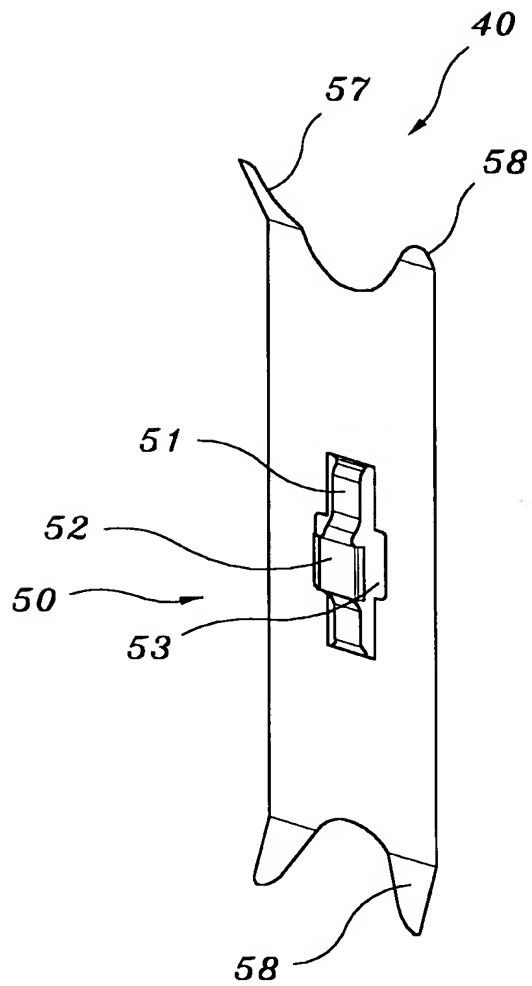
1020030069672

출력 일자: 2003/12/30

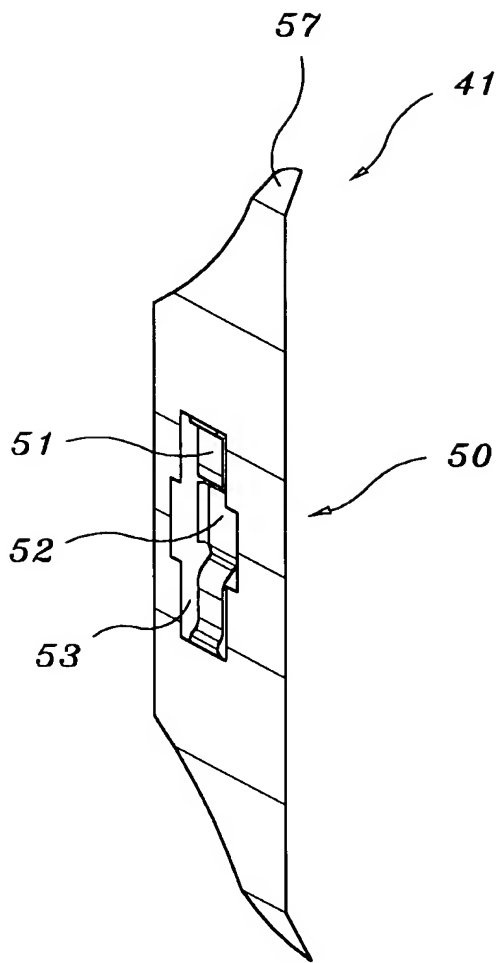
【도 6】



【도 7a】



【도 7b】

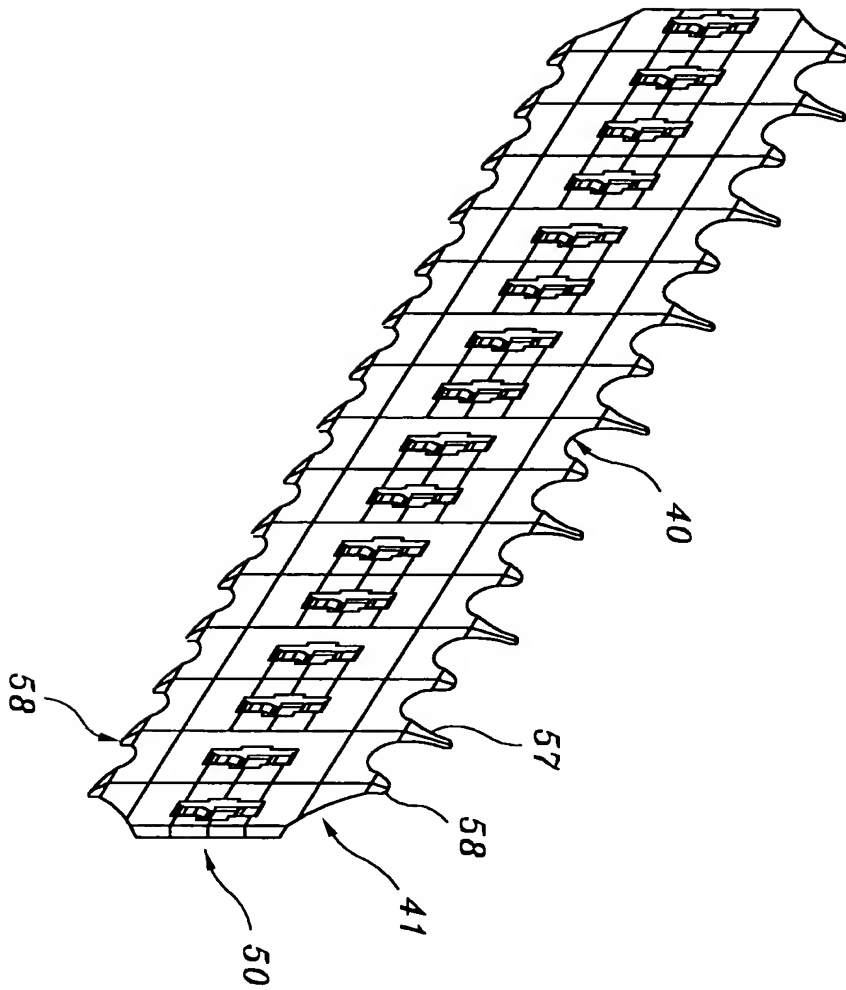




1020030069672

출력 일자: 2003/12/30

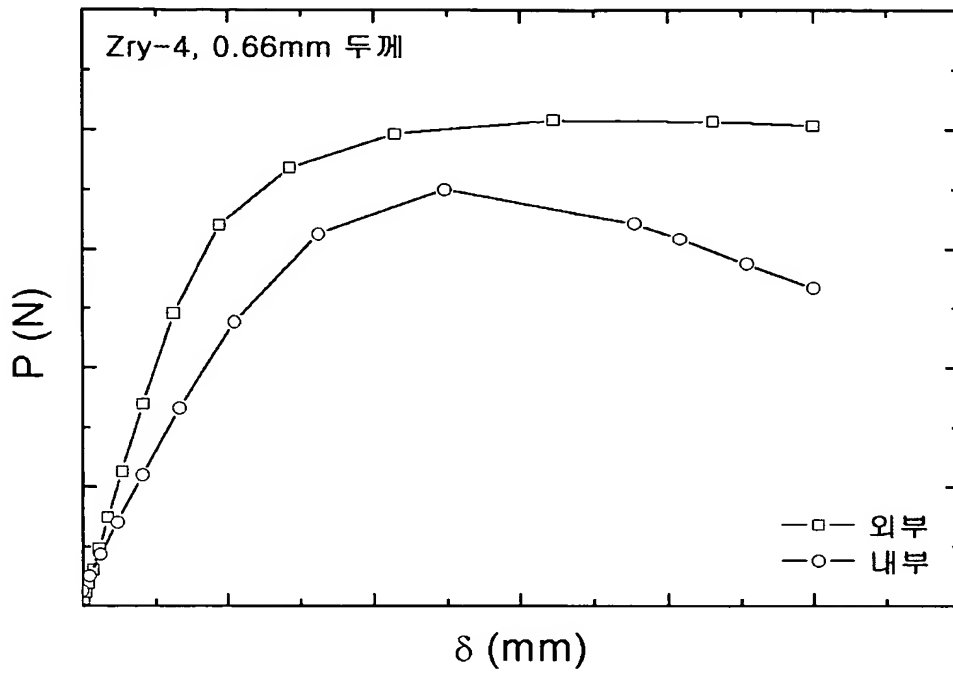
【도 8】



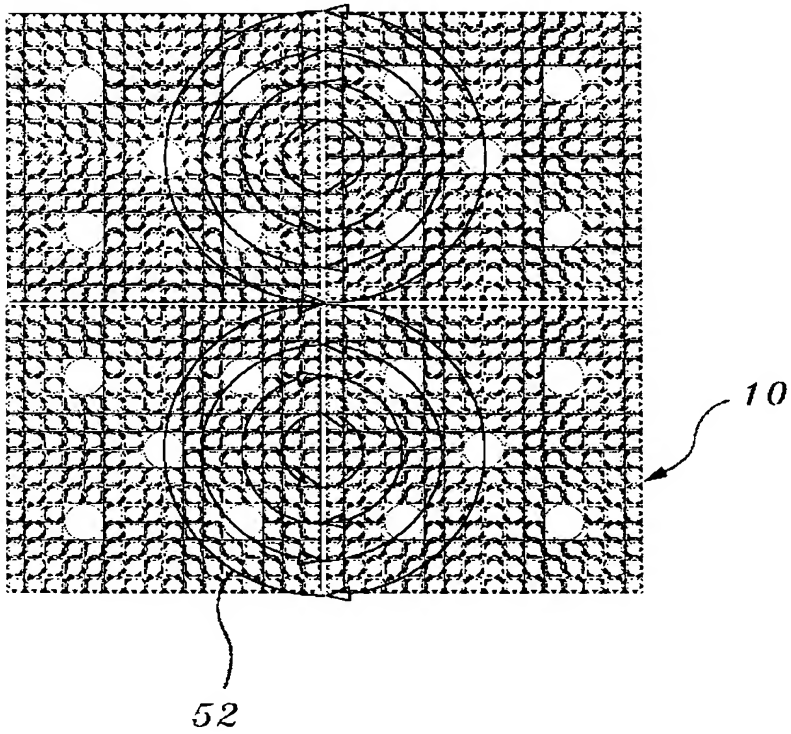




【도 9】



【도 10】





【도 11】

